

Кириллова Т.С., аспирант
Лисиенко В.Г., проф., д-р техн. наук

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ МЕТОДОМ СЭА

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) относится к таким отраслям промышленности, в которых потребляется большое количество энергетических ресурсов, таким образом энергосбережение в данных отраслях является актуальной проблемой. Целлюлоза является неотъемлемым сырьем для производства различных видов бумажной и картонной продукции, а её энергоёмкость в значительной степени определяет энергоёмкость соответствующих видов продукции. Для проведения энергетического анализа производства сульфатной целлюлозы была использована методика сквозного энергетического анализа (СЭА), в основу которого входит расчет технологических топливных чисел.

Проведение энергетического анализа производства целлюлозно-бумажной продукции методом расчета ТТЧ требует создание информационной базы данных, которая будет включать в себя данные об энергоёмкости основных химикатов, используемых в производстве продукции ЦБП. Для создания такой базы данных были проведены исследования, в результате которых вычислены энергоёмкости основных химикатов, используемых в процессе производства целлюлозы (табл.1).

Таблица 1

Энергоёмкости химикатов

Химикат	Ед. изм.	Способ получения	Энергоёмкость, кг у.т./ед.изм.
Каустическая сода	т	диафрагменный метод	1193,59
Каустическая сода	т	ртутный метод	1004,20
Сульфат натрия	т	выпарка растворов	734,55
Сульфат натрия	т	ретурная сушка мирабилита	855,20
Сульфат натрия	т	безретурная сушка мирабилита	852,66
Сульфат натрия	т	высаливание мирабилита	1070,40
Сульфид натрия	т	восстановление сульфата	2280,75
Соляная кислота (27,5%-ная)	т	сульфатный способ	559,26
Соляная кислота (31%-ная)	т	синтез из элементов	630,50
Аммиак	т	синтез из природного газа	2214,60
Сера	т	фильтрационный метод	243,37

Окончание табл. 1

Хлор	т	диафрагменный метод	1193,59
Хлор	т	ртутный метод	1004,20
Диоксид хлора	т	метод Дея – Кестинга	23985,36
Диоксид хлора	т	ЛТИ ЦБП	6783,95

Для расчета энергоемкости производства сульфатной целлюлозы была применена структурированная методика расчета ТТЧ, в которой большое значение уделяется использованию вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Производство сульфатной целлюлозы, в свою очередь, является самодостаточным процессом, в котором затраты тепловой и электрической энергии могут практически полностью компенсироваться за счет получения данных видов энергии при сжигании отходов варочного производства. Это является немаловажным фактом, т.к. доля энергетических затрат в себестоимости продукции может достигать 12%. С точки зрения энергосбережения особенностью сульфатного способа является также наличие систем регенерации, которые позволяют сократить расход свежих химикатов в процессе варки целлюлозы на 85%. В данном анализе на первом этапе рассчитаны и проанализированы расходные технологические топливные числа (ТТЧ_р) сульфатной целлюлозы, в которых условно пока не введено использование ВЭР.

В зависимости от назначения целлюлозы расход энергии и сырья будет различным. Результаты расчетов энергоемкостей производства сульфатной целлюлозы в зависимости от вида бумаги или картона, на производство которых используется соответствующая целлюлоза, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Энергоемкости сульфатной целлюлозы

Э/з	Статья расхода	Ед. изм.	ТТЧ, кг у.т./ед.изм.	Удельный расход, ед.изм./т	Энергозатраты, кг у.т./т
Целлюлоза облагороженная для химической переработки с предгидролизом, выход 35%					
Э2	Пар	Гкал	188,00	5,441	1022,91
	Электроэнергия	кВт*ч	0,422	331,00	139,68
	Вода техническая	м ³	0,105	153,70	16,14
	Сумма				1178,73
Э3	Каустическая сода	т	1193,59	0,533	636,18
	Сульфат натрия	т	852,66	0,12	102,32
	Негашеная известь	т	283,00	0,33	93,39
	Сумма				831,89

Продолжение табл. 2

Итого ТТЧ, небеленой мягкой целлюлозы, выход 45%						2010,62
ТТЧ, целлюлозы с учетом выхода 1-го сорта по сортированию 95%						2116,44
Целлюлоза мягкая, выход 45%						
Э2	Пар	Гкал	188,00	4,22	793,36	
	Электроэнергия	кВт*ч	0,422	220,00	92,84	
	Вода техническая	м³	0,105	105,50	11,08	
Сумма						897,28
Э3	Каустическая сода	т	1193,59	0,467	557,41	
	Сульфат натрия	т	852,66	0,095	81,00	
	Негашеная известь	т	283,00	0,29	82,07	
Сумма					720,48	
Итого ТТЧ, небеленой мягкой целлюлозы, выход 45%						1617,76
ТТЧ, целлюлозы с учетом выхода 1-го сорта по сортированию 95%						1702,90
Целлюлоза средняя, выход 48%						
Э2	Пар	Гкал	188,00	4,10	770,80	
	Электроэнергия	кВт*ч	0,422	212,00	89,46	
	Вода техническая	м³	0,105	93,90	9,86	
Сумма						870,12
Э3	Каустическая сода	т	1193,59	0,42	501,31	
	Сульфат натрия	т	852,66	0,09	76,74	
	Негашеная известь	т	283,00	0,26	73,58	
Сумма						651,63
Итого ТТЧ, небеленой средней целлюлозы						1521,75
ТТЧ, целлюлозы с учетом выхода 1-го сорта по сортированию 95%						1601,84
Целлюлоза жесткая, выход 50%						
Э2	Пар	Гкал	188,00	3,92	737,71	
	Электроэнергия	кВт*ч	0,422	250,00	105,50	
	Вода техническая	м³	0,105	87,10	9,14	
Сумма						852,35

Окончание табл. 2

Э3	Каустическая сода	т	1193,59	0,387	461,92
	Сульфат натрия	т	852,66	0,08	68,21
	Негашеная известь	т	283,00	0,24	67,92
Сумма					598,05
Итого ТТЧ _р небеленой жесткой целлюлозы					1450,40
ТТЧ _р целлюлозы с учетом выхода 1-го сорта по сортированию 96%					1510,83
Целлюлоза высокого выхода, выход 55%					
Э2	Пар	Гкал	188,00	3,814	717,03
	Электроэнергия	кВт*ч	0,422	185,00	78,07
	Вода техническая	м ³	0,105	43,50	4,57
Сумма					799,67
Э3	Каустическая сода	т	1193,59	0,30	403,68
	Сульфат натрия	т	852,66	0,075	63,95
	Негашеная известь	т	283,00	0,185	52,35
Сумма					519,98
Итого ТТЧ _р небеленой целлюлозы высокого выхода					1319,65
ТТЧ _р целлюлозы с учетом выхода 1-го сорта по сортированию 86%					1534,48

Из табл. 2 видно, что с увеличением выхода целлюлозы из щепы расходная энергоемкость целлюлозы уменьшается, что обусловлено меньшими расходными коэффициентами энергии и химикатов на единицу продукции. ТТЧ_р с учетом выхода целлюлозы 1-го сорта по сортированию изменяется пропорционально расходному ТТЧ целлюлозы, т.е. с увеличением выхода целлюлозы из щепы энергоемкость целлюлозы 1-го сорта для различных видов целлюлозы уменьшается. Это объясняется практически одинаковым объемом целлюлозы 1-го сорта, доля которого после сортирования составляет 95–96% от общего объема целлюлозы. Исключением является лишь целлюлоза высокого выхода (55%), у которой выход целлюлозы 1-го сорта после сортирования составляет лишь 86% (при этом 6% составляют отходы сортирования и 7,5% – сучки и непровар), что в свою очередь вызывает некоторое увеличение энергоемкости 1-го сорта данной целлюлозы по сравнению с энергоемкостью 1-го сорта жесткой целлюлозы (выход 50%).

Кроме того, результаты анализа позволяют выявить виды энергии и энергоносители, которые вносят основной вклад в величину полной энергоемкости целлюлозы, что, в свою очередь, позволяет ранжировать предлагаемые мероприятия и выбирать среди них при разработке мероприятий по энергосбережению наиболее рациональные для конкретного производства.